Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 1, Apr. May. 2020, p. 85- 101

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1399 ص.101-85

بررسی تأثیر نوع عسل (گون، کنار، مرکبات و آویشن) و شرایط نگهداری بر مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی محصول

فاطمه خدائیان[1]- هاجر عباسی[2]*

تاریخ دریافت: 1397/07/22
تاریخ پذیرش: 1398/03/21

چکیده

عسل، فرآورده‌ای حاصل از فعالیت زنبور عسل است که دارای ویژگی‌های ارگانولپتیک مطلوب و ارزش تغذیه‌ای بالا است. نوع گیاه، شرایط آب و هوایی منطقه و البته شرایط نگهداری محصول از جمله زمان و دمای نگهداری از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت عسل هستند. در این پژوهش، پس از بررسی و مقایسه ویژگی‌های کیفی (نسبت فروکتوز به گلوکز، محتوای ساکارز، پلی‌فنل، هیدروکسی متیل فورفورال، رطوبت، اسیدیته آزاد، اسید لاکتونیک، اسیدیته کل، pH، رنگ، دیاستاز و هدایت الکتریکی) چهار نوع عسل ایرانی (گون، کنار، مرکبات و آویشن) جمع‌آوری شده به روش نمونه‌گیری تصادفی، تأثیر شرایط دمایی نگهداری (4، 23، 30 و 37 درجه سانتی‌گراد) به مدت 6 ماه متوالی، بر مهمترین ویژگی‌های کیفی محصول (هیدروکسی متیل فورفورال، پلی‌فنل، pH، رنگ) مورد بررسی قرار گرفت. چهار نمونه مورد بررسی از جهت فاکتورهای مورد بررسی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان دادند ($P\leq0/05$). بیشترین محتوای ساکارز در عسل کنار و بالاترین نسبت فروکتوز به گلوکز و pH در عسل گون مشاهده شد. عسل آویشن حاوی بالاترین فعالیت دیاستازی و ترکیبات اسیدی و کمترین مقدار رطوبت و pH و عسل کنار محتوای بالاترین میزان لاکتونیک اسید و هدایت الکتریکی بود. مطابق نتایج، اثر نوع عسل بر تمام متغیرهای وابسته در سطح آماری 0/05 معنی‌دار ارزیابی شد. بررسی تأثیر شرایط نگهداری نشان داد که با افزایش زمان و دمای نگهداری، شدت روشنایی و زاویه رنگ نمونه‌ها کاهش و شاخص شدت رنگ در همه انواع عسل افزایش می‌یابد. محتوای پلی‌فنل اکثر نمونه‌ها خصوصاً در شرایط نگهداری در دمای 37 درجه سانتی‌گراد تا ماه سوم و چهارم کاهش و پس از آن افزایش یافت. ذخیره‌سازی منجر به افزایش معنی‌دار محتوای هیدروکسی متیل فورفورال در نمونه‌ها شد. از این‌رو تعیین شرایط و مدت زمان مناسب نگهداری انواع عسل با توجه به ویژگی‌های اولیه متفاوت آن‌ها به منظور بهره‌مندی از بهترین خصوصیات کیفی این محصول ضرورت دارد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌فنل، پارامترهای رنگ، زمان و دمای نگهداری، ویژگی‌های کیفی، هیدروکسی متیل فورفورال.

مقدمه

ترشحات مواد قندی درختان و شهد گل‌ها و گیاهان که توسط زنبور عسل جمع‌آوری، فرآوری و ذخیره می‌شود عسل نام دارد (Crane, 1975; White, 1962). این محصول خوشمزه و شیرین به‌عنوان غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا مورد مصرف قرار می‌گیرد (White, 1975). ویژگی‌های ظاهری و کیفی عسل از جمله رنگ و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن به پارامترهای متنوعی مانند منشأ گیاهی عسل (شرایط منطقه و گیاه مورد استفاده زنبور) وابسته است (Al-Mamary *et al*., 2002). رنگ عسل از سفید تا انواع متنوعی از زرد (زرد نارنجی، زرد مایل به سبز و طلایی)، کهربایی، عقیقی مایل به قرمز و حتی قهوه‌ای متغیر است. شرایط جغرافیایی و آب و هوایی، پارامترهای رنگی محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bath & Singh, 2000). عسل‌های با رنگ روشن، طعم ملایم‌تری دارند، درحالی‌که عسل‌های تیره‌تر طعم شدیدتر و عموماً محتوای ترکیبات معدنی بیشتری دارند (Gonzales *et al*., 1999). اجزای متنوعی در عسل ازجمله فنولیک اسیدها و فلاونوئیدها (Meda *et al*., 2005)، آنزیم‌های گلوکزاکسیداز و کاتالاز (Molan & Betts, 2004)، آسکوربیک اسید، پروتئین و کاروتنوئید (Alvarez-Suarez *et al*., 2010) با فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی مشاهده می‌شوند. در این میان، فنولیک اسیدها و فلاونوئیدها، آنتی‌اکسیدان‌های اصلی محصولات کندوخانه می‌باشند (Bertoncelj *et al*., 2007). ویتامین‌ها، رنگدانه‌ها و فلاونوئیدها از انواع ترکیبات متنوع فنلی به‌شمار می‌روند که اثرات مختلفی ازجمله ممانعت از بروز جهش و سرطان‌زایی را بر عهده دارند (Shun *et al*., 2003).

در حین فرآوری و ذخیره‌سازی محصول، به دلیل افت ترکیبات فنلی، وقوع واکنش میلارد و انجام واکنش‌های متنوع شیمیایی، ویژگی‌های کیفی محصول دست‌خوش تغییرات متنوعی می‌شود.

1 و 2- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحداصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاداسلامی، اصفهان، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: H.Abbasi@khuisf.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i2.75826

سرعت انجام این تغییرات و تیره‌شدن رنگ محصول به ماهیت ترکیبات اولیه، میزان فعالیت آبی، pH، زمان و درجه حرارت به‌کار برده شده در فرایند و ذخیره‌سازی محصول وابسته است (Labuza & Baisier, 1992). در این راستا، یکی از مهمترین معیارهای کیفی عسل، محتوای هیدروکسی متیل فورفورال (HMF[1]) محصول است. HMF یک آلدهید هتروسیلیک شش کربنه است که از فوران با دو گروه آلدهیدی و یک الکل مشتق شده است (Burdurlu & Karadeniz, 2003). مصرف مقادیر بالای HMF سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد و جهش زا می‌باشد (فخری‌نژاد و همکاران، 1392). منابع اصلی تولید HMF انواع مختلف قندها به‌ویژه قندهای ساده‌ای مانند گلوکز و فروکتوز می‌باشند (سیدی و کفیلی، 1390). تولید HMF نتیجه اعمال فرایند حرارتی بر مواد غذایی غنی از فروکتوز و گلوکز است (Spano *et al.*, 2006). بیشینه مقدار مجاز هیدروکسی متیل فورفورال در عسل مطابق استاندارد اجباری شماره 92 سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 40 میلی‌گرم در یک کیلوگرم محصول درنظر گرفته شده است. این فاکتور به‌عنوان یک معیار کیفی، از شاخص‌های مهم میزان حرارت‌دیدگی، عمر عسل تولید شده و احتمال اعمال تقلب در این فرآورده درنظر گرفته می‌شود (Nishi *et al.*, 1989). کمیسیون بین‌المللی عسل نیز، HMF را به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر برای تشخیص تازگی و کیفیت عسل معرفی کرده است. مطابق اظهارات این کمیسیون نیز، محتوای HMF عسل بعد از فرآوری از 40 میلی‌گرم در کیلوگرم نباید تجاوز کند، به استثنای عسل‌های تولید شده در کشورهای گرمسیر که بیشینه مجاز محتوای HMF در آن‌ها 80 میلی‌گرم در کیلوگرم درنظر گرفته شده است (نعمتی و همکاران، 1389).

با توجه به تأثیرپذیری ویژگی‌های کیفی عسل به شرایط تولید و نگهداری، تاکنون مطالعات متنوعی در این زمینه صورت گرفته است. در این راستا Visquert و همکاران (2014)، اثر درجه حرارت 25، 30، 35 و 40 درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ذخیره‌سازی 62 و 104 روز را بر رنگ، HMF و شاخص دیاستاز 4 نوع عسل (مرکبات، رزماری، اکالیپتوس[2] و پلی‌فلورال[3]) و عسلک[4] ارزیابی کردند. کاهش درخشندگی، شاخص سفیدی، زاویه رنگ و شدت رنگ با افزایش درجه حرارت و زمان ذخیره‌سازی در عسل‌های مختلف با مقادیر متفاوت مشاهده شد. در تمام درجه حرارت‌های نگهداری، عسل مرکبات بالاترین شدت پارامترهای رنگی در کل دوره ذخیره‌سازی را نشان داد. در این میان عسلک کمترین شدت پارامترهای رنگی و همچنین تغییرات رنگ را نشان داد. با افزایش زمان و درجه حرارت، HMF و شاخص دیاستاز همه نمونه‌های عسل افزایش یافت. در نهایت در این پژوهش گزارش شد که نوع عسل تأثیر بیشتری بر تغییرات HMF، شاخص دیاستاز و رنگ در مقایسه با شرایط ذخیره‌سازی دارد. B- Fallic و همکاران (2008و 2007) نیز در طول ذخیره‌سازی چهارده نمونه مختلف عسل تجاری با منشأ گیاهی (اقاقیا، شاه بلوط، مرکبات، اکالیپتوس و مولتی‌فلورال) را برای مدت بیش از 18 ماه در درجه حرارت اتاق، ویژگی‌های کیفی آن‌ها ازجمله مقادیر HMF و دیاستاز را ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد عمر مفید عسل تجاری به منشأ گیاهی و همچنین شرایط اعمال فرایند بر آن بستگی دارد. عمر مفید همه نمونه‌ها به غیر از شاه بلوط، کوتاه‌تر از مدت زمان اعلان شده برای آن‌ها ارزیابی شد. کمترین مدت زمان نگهداری (15 ماه) برای عسل‌های مرکبات و اکالیپتوس و بیشترین زمان نگهداری (20 ماه) برای عسل‌های اقاقیا و چند گل گزارش شد. در همین راستا، Castro-Vázquez و همکاران (2008) نیز عسل مرکبات تازه را به مدت 12 ماه در حرارت‌های 10، 20 و 40 درجه سانتی‌گراد نگهداری کردند. فعالیت دیاستاز و محتوی HMF، در نمونه‌های عسل نگهداری شده به مدت 12 ماه در حرارت 40 درجه سانتی‌گراد بود بیش از محدوه قابل قبول گزارش شد ولی تغییر این پارامترها در حرارت پایین واضح نبود.

با توجه به فقدان نتایج کافی در خصوص بررسی کامل ویژگی‌های کیفی عسل‌های ایرانی با توجه به منشاء متفاوت فلورال آن‌ها و همچنین تاثیر شرایط دمایی مختلف با توجه به تنوع آب وهوایی در فصول یا مناطق مختلف کشور و عادات متفاوت ذخیره‌سازی این محصول، در این پژوهش پس از ارزیابی ویژگی‌های کیفی چهار عسل پرمصرف ایرانی، به چگونگی تغییرات خصوصیات کیفی آن‌ها در طول زمان نگهداری در دماهای مختلف بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، 4 عسل آویشن، مرکبات، گون و کنار از شرکت تعاونی رویال عسل حقیقت اصفهان تأمین شد. با نمونه‌گیری تصادفی از حلب‌های مختلف، حدود 2 کیلوگرم نمونه از انواع عسل برداشته و در اسرع وقت به آزمایشگاه شرکت انتقال یافت.

ارزیابی ویژگی‌های کیفی نمونه‌های اولیه

خصوصیات شیمیایی چهار نمونه عسل از جمله محتوای هیدروکسی متیل فورفورال، رطوبت، pH، هدایت الکتریکی (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1392)، محتوای پلی‌فنل (Singleton *et al.*, 1999)، اسیدیته آزاد، لاکتونیک اسید، اسیدیته کل (Terrab *et al.*, 2004) و رنگ نمونه‌ها (Hutchings,1999; CEI, 1986) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

1 Hydroxy methyl furfural
2 Eucalyptus
3 Polyfloral
4 Honeydew

محتوای قند (گلوکز، فروکتوز، ساکارز) موجود در نمونه‌ها نیز توسط دستگاه HPLC اندازه‌گیری شد. در این راستا ستون Agilent Carbohydrate با قطر و طول 4/6 و20 میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. فاز متحرک شامل 27 درصد آب و 73 درصد استونیتریل بود. دمای ستون 30 درجه سانتی‌گراد و حجم تزریق 20 میکرولیتر در نظر گرفته شد (Lichtenberg-Kraag & Bright, 2012).

به‌منظور ارزیابی شدت فعالیت دیاستازی نمونه‌ها (روش کمی)، محلول استانداردی از نشاسته قابل ارزیابی با ید به نمونه عسل افزوده و تحت تأثیر آنزیم‌های موجود در نمونه تحت شرایط استاندارد در معرض هیدرولیز آنزیمی قرار گرفت. کاهش رنگ آبی در فواصل زمانی معین، معیاری از شدت واکنش است. در این راستا، نمودار جذب بر حسب زمان در قالب یک معادله رگرسیونی حاصل و فعالیت آنزیم دیاستاز مطابق معادله 1 محاسبه گردید (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1392).

$$DN = \frac{60}{t_x}\times\frac{0.10}{0.01}\times\frac{1.0}{2.0}=\frac{300}{t_x} \qquad (1)$$

t_x= زمان رسیدن جذب مخصوص به 0/235.

نمونه‌ها در حجم‌های کوچک بسته‌بندی و در انکوباتورهایی با دماهای 23، 30 و 37 درجه سانتی‌گراد و همچنین درون یخچال با دمای 5-4 درجه سانتی‌گراد برای 6 ماه نگهداری شدند. به‌منظور بررسی تغییرات صورت گرفته در طی زمان نگهداری در شرایط مختلف، ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها در پایان هر ماه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ارزیابی ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها در حین نگهداری

محتوای هیدروکسی متیل فورفورال

تعیین HMF بر اساس ارزیابی میزان جذب نمونه در طول موج 284 نانومتر انجام گرفت. به منظور جلوگیری از تداخل اثر جذب سایر ترکیبات در این طول موج، اختلاف جذب محلول شفاف عسل در آب با افزودن بی‌سولفیت و بدون آن تعیین می‌گردد. با کم کردن میزان جذب امواج پس زمینه در طول موج 336 نانومتر از میزان جذب در طول موج 284 نانومتر به‌دست آمد.

در این آزمون 5 گرم از نمونه عسل در یک بشر کوچک توزین، در 25 میلی‌لیتر آب مقطر انحلال و به بالن ژوژه 50 میلی‌لیتری انتقال داده شد. سپس 0/5 میلی‌لیتر از محلول‌های کاریز 1 (فروسیانور پتاسیم با سه مولکول آب) و کاریز 2 (استات روی با دو مولکول آب) به آن افزوده و نهایتاً به حجم رسانده شد. در دو لوله آزمایش، 5 میلی‌لیتر از محلول صاف شده عسل ریخته شد. به محتویات یک لوله، 5 میلی‌لیتر آب مقطر و به لوله دیگر جهت غیرفعال شدن جذب HMF، 5 میلی‌لیتر بی‌سولفیت‌سدیم (لوله شاهد) افزوده شد. پس از اختلاط، جذب در مقابل شاهد در طول موج‌های 284 و 336 نانومتر با سل 10 میلی‌متری کوارتز توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV/VIS مدل 6850 ثبت و مطابق معادله 2 میزان HMF محاسبه گردید (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1392).

$$HMF=(A_{284}-A_{336})\times149.7\times5\times D/W \qquad (2)$$

که در آن:W = وزن عسل (گرم) و D= ضریب رقت است.

pH

حدود 10 گرم عسل در یک بشر توزین، در 75 میلی‌لیتر آب مقطر بدون دی‌اکسیدکربن انحلال و با کمک دستگاه pH متر مدل 612 کالیبره شده، میزان pH در دمای 20 درجه سانتی‌گراد ارزیابی گردید (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1392).

محتوای پلی‌فنل

1 گرم از هر نمونه عسل در 10 سی‌سی آب مقطر حل شد و از فیلتر 45 میکرومتری عبور داده شد. 0/5 سی‌سی از این محلول با 2/5 سی‌سی معرف Folin-Ciocalteu 0/2 مولار به مدت 5 دقیقه مخلوط شد. سپس 2 سی‌سی سدیم کربنات 0/7 مولار اضافه و مخلوط شد. بعد از انکوباسیون در تاریکی در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 ساعت، جذب مخلوط در 760 نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد. در این آزمون از اسیدگالیک به‌عنوان استاندارد استفاده شد (Singleton *et al*., 1999).

رنگ

اندازه‌گیری رنگ عسل با استفاده از دستگاه CIELab صورت گرفت. بدین منظور هر نمونه درون سل مخصوص دستگاه قرار گرفت و سه پارامتر b، a و L تعیین شد (Hutchings, 1999). شاخص شدت رنگ مطابق معادله 3 به‌عنوان معیاری از اشباع‌شدگی یا شدت رنگ و زاویه رنگ مطابق معادله 4 به‌عنوان شاخصی از محدوده رنگی نمونه مورد نظر در دایره رنگ اندازه‌گیری شدند (Visquert *et al.*, 2014).

$$\text{Chrom} = \left(a^۲ + b^۲\right)^{0.5} \qquad (3)$$

$$\text{Hue angel} = \tan^{-۱}(b/a) \qquad (4)$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تأثیر متغیرهای این پژوهش، نوع عسل (گون، کنار، آویشن و مرکبات)، دمای نگهداری (4، 23، 30 و 37 درجه سانتی‌گراد) و زمان نگهداری (6 ماه به فواصل 30 روز) بر تغییر ویژگی‌های کیفی عسل در قالب طرح کاملا تصادفی-آزمون فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار

SAS ورژن 9/2 مورد ارزیابی و مقایسه میانگین داده‌ها مطابق آزمون LSD (α = 0/05) انجام شد. قابل ذکر است که کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

مقایسه ویژگی‌های کیفی نمونه‌های عسل

مقایسه میانگین خصوصیات کیفی 4 عسل مورد بررسی در این پژوهش (گون، کنار، آویشن و مرکبات) که در جدول 1 آمده است نشان می‌دهد که از حیث خصوصیات کیفی، نمونه‌ها با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار (P ≤0/05) دارند. بیشترین محتوای ساکارز در عسل کنار مشاهده شد و میزان ساکارز این عسل بالاتر از حد مجاز تعیین شده در استاندارد ملی ایران (کمتر از 5) برآورد شد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1392). بالاترین نسبت فروکتوز به گلوکز و pH در عسل گون مشاهده شد. عسل آویشن حاوی بالاترین فعالیت آنزیم دیاستاز و ترکیبات اسیدی و کمترین مقدار رطوبت و pH و عسل کنار محتوای بالاترین میزان لاکتونیک اسید و هدایت الکتریکی بود.

تفاوت در منشأ گیاهی انواع عسل، یکی از دلایل اصلی بروز اختلاف در ویژگی‌های کیفی آن‌هاست. در نمونه‌های عسل جمع‌آوری شده از نواحی مختلف استان آذربایجان شرقی، میزان ساکارز در محدوده 6/98 -1/98 با میانگین 4/06 گزارش شد (اسدی دیزاجی و همکاران، 2014). در مطالعه مشابهی بر نمونه‌های عسل اندونزی میزان ساکارز در محدودهٔ 11/49 -0/14 با میانگین 3/76 گزارش شد (Serrano *et al.*, 2004). محتوای ساکارز نمونه‌های عسل هندی بین 5 -0/4 و تنها یک نمونه حاوی 8/8 ساکاروز تشخیص داده شد. مصرف احتمالی شربت ساکارز توسط زنبورعسل و یا برداشت زود هنگام عسل در شرایطی که تبدیل کامل ساکارز به گلوکز و فروکتوز توسط زنبورهای کارگر صورت نگرفته باشد، از دلایل اصلی این مشاهده هستند (Crane, 1979; Saxena *et al.*, 2010).

در میان چهار نمونه مورد بررسی، میزان HMF عسل کنار نسبت به سایر انواع عسل بالاتر بود (28/29 میلی‌گرم بر کیلوگرم). محتوای این ترکیب در دو نوع عسل گون و مرکبات کمتر از 5 میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد شد. با توجه به اینکه ماکزیمم میزان HMF قابل قبول در استاندارد ملی ایران 40 میلی‌گرم بر کیلوگرم درنظر گرفته شده است (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1392)، همهٔ نمونه‌ها از حیث این فاکتور در محدودهٔ مجاز قرار داشتند. در مطالعه مشابهی بر نمونه‌های عسل جمع‌آوری شده در اندونزی، میزان HMF بین 53/8- 0/96 با میانگین 13/67میلی‌گرم بر کیلوگرم (Serrano *et al.*, 2004) و در مطالعهٔ عسل‌های نواحی مختلف آذربایجان شرقی، کمیت این ترکیب 8/42 -4/23 با میانگین 6/03 میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد (اسدی دیزاجی و همکاران، 2014). تفاوت در ویژگی‌های منشا تولید عسل، شرایط حرارتی عسل حین فرایند و همچنین زمان و شرایط نگهداری محصول از عوامل مؤثر در تبدیل قندها به HMF است. ازاین‌رو محتوای کم HMF می‌تواند نشانگر شرایط مناسب فرآوری و یا تازگی محصول باشد (Saxena *et al.*, 2010).

میزان درخشندگی (L*) در عسل‌های آویشن و مرکبات بیشتر از دو نمونه عسل دیگر بود. بیشترین شدت سبزی رنگ مربوط به عسل آویشن و نمونه‌های گون و کنار زردی بالاتری در مقایسه با عسل مرکبات نشان دادند. در پژوهش دیگری بر ویژگی‌های کیفی عسل، عسل مرکبات، شفاف‌ترین نوع عسل و دارای بالاترین شدت رنگ معرفی شد (Visquert *et al.*, 2014; Escriche *et al*, 2012). تغییر در محتوای معدنی، ترکیبات فنولیک و منشأ فلورال از اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات رنگ عسل هستند (Gonzalez-Miret *et al.*, 2005).

در مطالعه حاضر، میزان پلی‌فنل در محدودهٔ 23/39 تا 30/3 میلی‌گرم گالیک‌اسید در 100 گرم عسل برآورد شد. در این میان عسل آویشن حاوی بالاترین محتوای ترکیبات پلی‌فنل بود. میانگین پلی‌فنل گزارش شده در نمونه‌های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف بسیار متفاوت گزارش شده است. کمیت ترکیبات فنولیک عسل در نمونه‌های عسل هند در محدوده 47 تا 98 میلی‌گرم گالیک‌اسید بر 100 گرم (Saxena *et al.*, 2010)، در نمونه‌های عسل آرژانتین و اسلوونیایی، در محدودهٔ 64 تا 1304 و 448 تا 2414 میلی‌گرم گالیک‌اسید در 100 گرم (Bertoncelj *et al.*, 2007) و در استاندارد Codex Alimentarius، 688/5 -152/4 میلی‌گرم گالیک‌اسید بر کیلوگرم گزارش شده است (Islam *et al.*, 2012). غلظت و نوع مشتقات پلی‌فنل در عسل متغیر و وابسته به منبع فلورال نمونه موردنظر است (Küçük *et al.*, 2007). فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک (کافئیک[1]، کوماریک[2]، فرولیک[3]، الاژیک[4] و کلروژنیک[5])، اسید آسکوربیک، کاتالاز، پروکسیداز، کاروتنوئیدها و فرآورده‌های حاصل از واکنش مایلارد، اصلی‌ترین عوامل مؤثر در فعالیت آنتی‌اکسیدانی عسل می‌باشند. مقدار این ترکیبات با توجه به منشأ گیاهی و جغرافیایی عسل بسیار متغیر است. به‌علاوه آماده‌سازی، فرآوری و ذخیره‌سازی عسل در تغییر ترکیبات و ویژگی‌های کیفی آن مؤثر است (Turkmen *et al.*, 2006).

---
1 Caffeic
2 Coumaric
3 Ferrulic
4 Ellagic
5 Chlorogenic

هدایت الکتریکی یک پارامتر کیفی مهم در عسل است که عموما برای تعیین عسلک مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدایت الکتریکی بیش از 0/8 میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر مربوط به نمونه عسلک می‌باشد (Visquert *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر بالاترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به عسل کنار و معادل 0/142 میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر گزارش شد. کمیت این پارامتر در نمونه‌های عسل اسپانیایی در محدوده 559- 288 میکروزیمنس بر سانتی‌متر (Terrab *et al.*, 2004) و در نمونه های عسل اندونزی در محدوده 0/68- 0/11 میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر (Serrano *et al.*, 2004) گزارش شده است. محتوای معدنی محصول ارتباط تنگاتنگ با هدایت الکتریکی آن دارد. علی‌رغم محتوای ناچیز مواد معدنی عسل در مقایسه با سایر اجزاء موجود، تغییرات آن در نمونه‌های مختلف چشمگیر است. پتاسیم مهمترین ماده معدنی موجود در عسل است و پس از آن سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن، مس، سیلیکون، فسفر، سولفور، کلرین و ... در مراتب بعدی قرار می‌گیرند (Sancho *et al.*, 1991). تغذیه بیش از حد زنبور با ساکارز و سایر مواد قندی از عوامل نامطلوب مؤثر بر محتوای معدنی عسل است (Ozcan *et al.*, 2006).

محتوای رطوبت نمونه‌ها در این پژوهش 16/5 -14/5 درصد و pH آن‌ها در محدودهٔ 4/04 تا 4/38 متغیر بود. در این راستا محتوای رطوبت نمونه‌های عسل آرژانتین 21- 17/9درصد وزنی (Tosi *et al.*, 2004)، عسل نواحی مختلف آذربایجان شرقی 18/62 -15/98 درصد وزنی (اسدی دیزاجی و همکاران، 2014) و نمونه‌های عسل اسپانیایی 19/8 -14/2 درصد وزنی (Terrab *et al.*, 2004) گزارش شدند. pH نمونه‌های عسل اندونزی 3/7- 4/6 (Serrano *et al.*, 2004) و نمونه‌های عسل اسپانیایی 4/79- 3/56 با میانگین 4/2 (Terrab *et al.*, 2004) گزارش شده اند که با محدوده مشاهده شده در مطالعه حاضر مطابقت دارد.

جدول1- مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی عسل‌های گون، کنار، آویشن و مرکبات

نوع عسل	گون	کنار	آویشن	مرکبات
ساکارز (گرم در 100)	4/80±0/30^{b}	6/57±0/23^{a}	1/05±0/14^{d}	1/90±0/10^{c}
نسبت فروکتوز به گلوکز	1/21±0/01^{a}	1/06±0/01^{d}	1/19±0/01^{b}	1/12±0/01^{c}
محتوای پلی‌فنل (میلی‌گرم گالیک اسید در 100 گرم)	23/39±0/95^{c}	28/32±0/69^{b}	30/30±1/01^{a}	25/15±1/14^{c}
هیدروکسی متیل فورفورال (میلی‌گرم در کیلوگرم)	4/59±0/17^{c}	28/29±0/69^{a}	12/82±0/57^{b}	1/99±0/38^{d}
رطوبت (%)	14/50±0/10^{c}	14/50±0/20^{c}	15/50±0/10^{b}	16/50±0/20^{a}
pH	4/38±0/01^{a}	4/06±0/00^{c}	4/04±0/01^{d}	4/08±0/01^{b}
اسیدیته آزاد (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم)	6/00±0/00^{d}	12/00±0/50^{b}	15/50±1/00^{a}	10/50±0/50^{c}
اسیدیته لاکتونیک (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم)	0/92±0/13^{ab}	1/05±0/05^{a}	0/82±0/08^{b}	0/97±0/03^{a}
اسیدیته کل (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم)	6/92±0/13^{d}	13/05±0/45^{b}	16/32±0/93^{a}	11/47±0/48^{c}
a*	-5/22±0/01^{a}	-7/34±0/01^{b}	-8/05±0/01^{c}	-5/22±0/01^{a}
b*	35/41±0/01^{a}	35/41±0/01^{a}	30/54±0/01^{b}	25/66±0/01^{c}
L*	70/85±0/01^{b}	70/85±0/01^{b}	77/24±0/01^{a}	77/24±0/01^{a}
دیاستاز	2/27±0/07^{b}	2/61±0/39^{b}	3/27±0/18^{a}	1/43±0/2^{c}
هدایت الکتریکی (میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر)	0/10±0/01^{d}	0/14±0/01^{a}	0/11±0/01^{b}	0/10±0/01^{c}

در هر ستون، میانگین‌هایی (±انحراف معیار) که دارای حروف مشترک هستند، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند

اسیدیته کل عسل معیاری است برای ارزیابی فساد به علت ذخیره‌سازی و کهنگی یا پارامتری است که به‌واسطه تفاوت‌های عسل‌های مختلف از این حیث به‌منظور بررسی خلوص عسل استفاده می‌شود (White, 1978). شرایط نگهداری ناسالم، استفاده بیش از حد

از داروهای دامپزشکی، تغذیه زنبور با ساکارز یا سایر منابع شیرین‌کننده و برداشت زودتر از موعد محصول از عوامل مؤثر بر کاهش ویژگی‌های کیفی عسل هستند (Bakan, 2002). اسیدهای ارگانیک قسمت کوچکی از عسل را تشکیل می‌دهند (0/5 درصد) و تاکنون 19 اسید ارگانیک از جمله اسید سیتریک، مالیک، مالئیک، فوماریک و سوکسینیک در عسل شناخته شده که برای تشخیص انواع عسل قابل استفاده هستند (Crane E. 1990). اسید سیتریک عموما اسید غالب در اغلب انواع عسل است و غلظت آن به‌عنوان یک پارامتر قابل اطمینان برای تشخیص دو نوع عسل فلورال و عسلک استفاده می‌شود (Talpay, 1988). اسیدیته لاکتونیک، معیاری از محتوی اسید باقیمانده در عسل بلافاصله پس از ایجاد محیطی قلیایی است. در مطالعه حاضر اسیدیته کل از 6/92 تا 16/32 متغیر بود که این ویژگی در نمونه‌های عسل نواحی مختلف آذربایجان شرقی در محدودهٔ 18/23 -16/20 با میانگین 17/52 (اسدی دیزاجی و همکاران، 2014) و در نمونه‌های عسل اسپانیایی در محدوده 25/6-48/6 با میانگین 34/5 (Terrab *et al.*, 2004) گزارش شده است. محتوی اسیدیته لاکتونیک نمونه‌های حاضر 0/82 تا 1/05 و محتوی اسیدیته لاکتونیک در تعدادی از عسل‌های اسپانیایی 4/3 تا 11/3 گزارش شدند (Terrab *et al.*, 2004). تفاوت در منبع فلورال مورد استفاده در مناطق مختلف، شرایط تولید و نگهداری محصول، علت اصلی تفاوت مشاهده شده در نتایج حاصل از عسل‌های مختلف است.

ارزیابی اثر شرایط نگهداری بر ویژگی‌های عسل

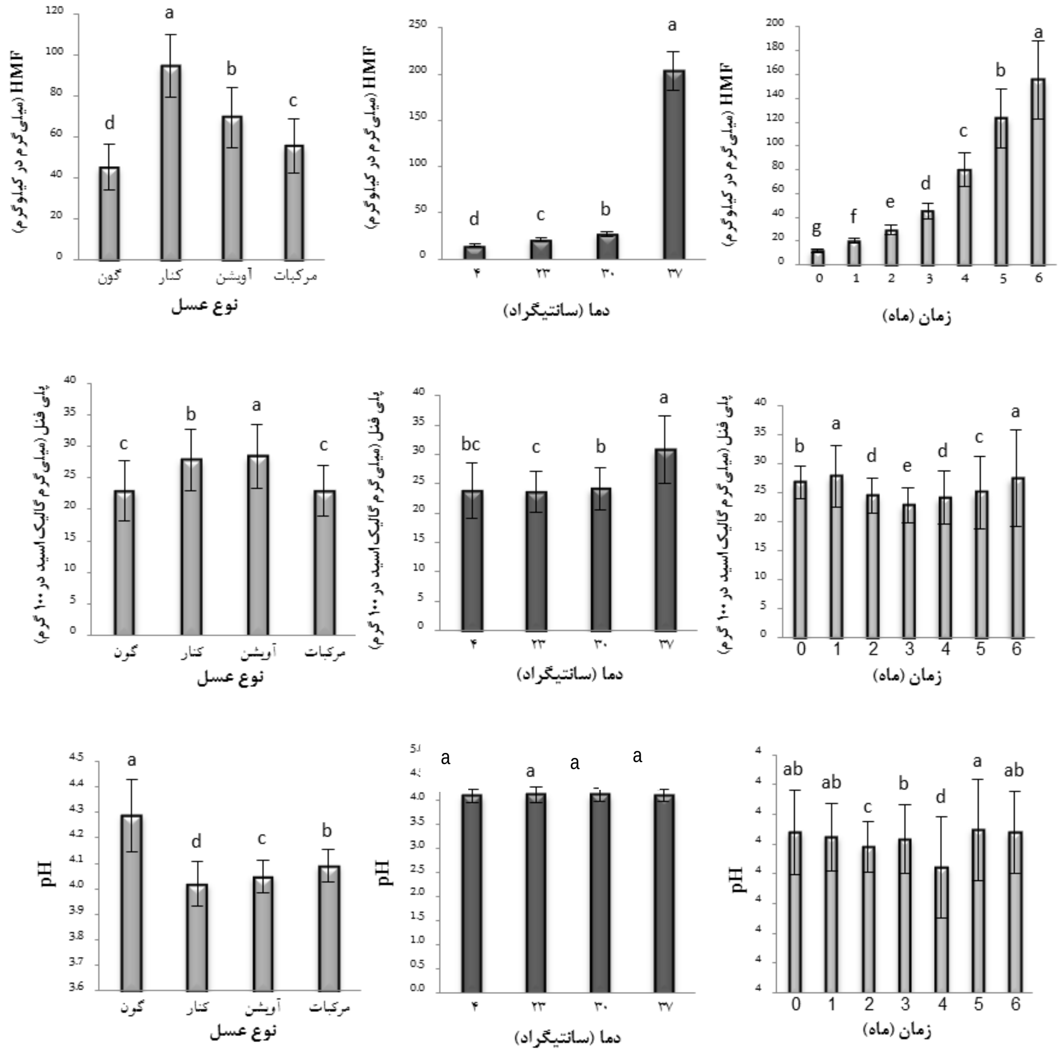
ارزیابی ویژگی‌های کیفی چهار عسل گون، کنار، آویشن و مرکبات (محتوای پلی‌فنل، HMF، رنگ (*a، *b، *L ، زاویه رنگ و شدت رنگ) و pH) در مدت شش ماه با فواصل زمانی یک ماهه انجام شد. نتایج جدول تجزیه واریانس اثر نوع عسل (گون، کنار، آویشن و مرکبات)، زمان نگهداری (شش ماهه به فواصل یک ماه)، دمای محل نگهداری (4، 23، 30 و 37 درجه سانتی‌گراد) و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های کیفی مورد مطالعه در محصول در جدول 2 آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، شرایط نگهداری و نوع محصول تأثیر معنی‌داری (α = 0/01) بر خصوصیات کیفی آن دارند.

مقایسه میانگین اثر متغیرهای مستقل پژوهش بر محتوای HMF، پلی‌فنل و pH محصول در شکل 1 و مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع عسل و زمان نگهداری، نوع عسل و دمای نگهداری، زمان و دمای نگهداری بر ویژگی‌های کیفی محصول به‌ترتیب در جدول‌های 3، 4 و 5 آمده است.

جدول2- تجزیه واریانس اثر نوع عسل، زمان و دمای محیط نگهداری و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های کیفی محصول

منابع تغییرات	DF	میانگین مربعات: پلی فنل(میلی‌گرم گالیک اسید در 100 گرم)	HMF (میلی‌گرم در کیلوگرم)	pH	a	b	L	شدت رنگ	زاویه رنگ
عسل	3	759/89**	38654/18**	1/231**	160/03**	1176/68**	32/08**	1317/72**	404/44**
زمان نگهداری	6	168/51**	145488/21**	0/094**	768/81**	725/24**	320/40**	734/30**	2057/70**
دمای نگهداری	3	1012/44**	697929/49**	0/007ns	4619/79**	1243/52**	2534/68**	2717/50**	8509/49**
عسل× زمان	18	9/48**	1010/25**	0/062**	62/84**	37/74**	54/25**	26/28**	166/39**
عسل× دما	9	5/20**	3664/35**	0/006ns	105/81**	141/25**	43/23**	55/55**	279/21**
زمان× دما	18	147/92**	115090/36**	0/007**	658/46**	490/60**	314/34**	217/78**	1446/10**
عسل× زمان× دما	54	4/08**	966/02**	0/006**	44/64**	59/60**	16/35**	37/72**	88/35**
خطا	224	1/01	0/96	0/004	0/05	6/04	5/90	6/00	6/00
ضریب تغییرات (%)		3/92	1/48	1/49	58/87	6/18	3/35	5/59	2/69

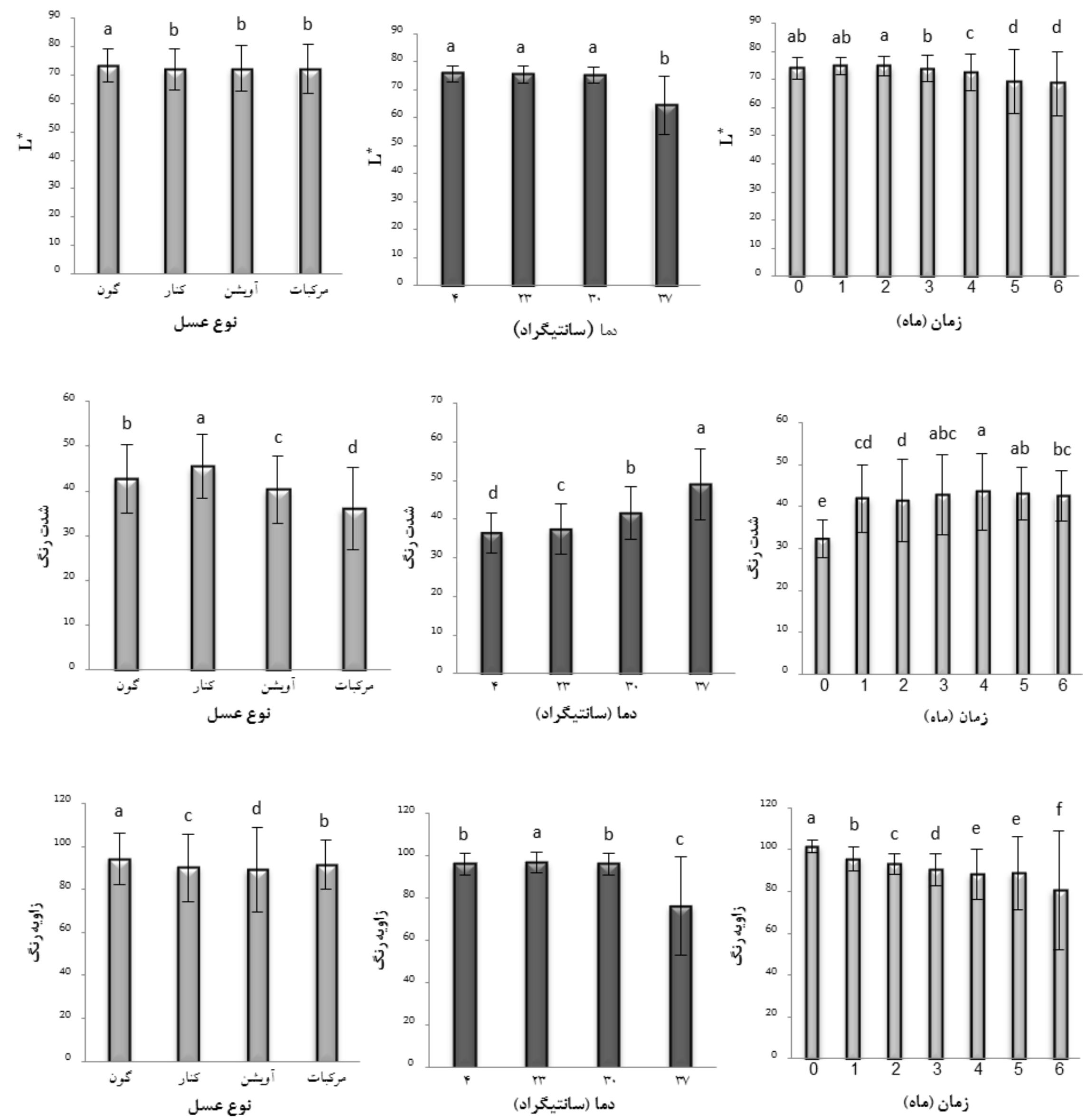
ns: عدم معنی‌دار شدن. **: معنی‌دارشدن در سطح آماری 0/01 .



شکل1- مقایسه میانگین تأثیر انواع عسل، دما و مدت زمان نگهداری بر محتوای HMF، پلی‌فنل و pH محصول.
میانگین‌های (±انحراف معیار) دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری($P\leq0/05$) با هم ندارند.

مطابق نتایج، با در نظر گرفتن شرایط نگهداری، عسل کنار بیشترین و عسل گون کمترین میزان HMF را داراست. با افزایش زمان و دمای نگهداری نیز، محتوای HMF نمونه‌ها افزایش یافت و تأثیر افزاینده دمای 37 درجه سانتی‌گراد در مقایسه با سایر دماهای نگهداری بسیار چشمگیر بود. مطابق جدول 3 و 4، بیشترین میزان HMF در عسل کنار پس از ماه ششم نگهداری در دمای 37 درجه سانتی‌گراد و کمترین میزان آن در عسل مرکبات در ابتدای تهیه نمونه مشاهده شد. HMF یکی از معیارهای اصلی تعیین کیفیت عسل است. این ترکیب در عسل از طریق آب‌زدایی هگزوز به‌ویژه در pH=5 و یا کمتر و یا توسط واکنش مایلارد تشکیل می‌شود. این ترکیب حاصل تجزیه قندهای ساده (مونوساکاریدها) به‌ویژه فروکتوز در شرایط اسیدی است که طی عمل‌آوری شهد در کندو تشکیل می‌شود. در حقیقت فعالیت اینورتاز و دیاستاز از عوامل اصلی تشکیل‌دهنده HMF هستند و مانند سایر واکنش‌های شیمیایی آنزیمی، سرعت تشکیل آن با افزایش دما، افزایش می‌یابد. عسل‌های حاوی محتوای HMF بالا، معمولاً تیره‌تر و از کیفیت پایین‌تری برخوردارند (Sabarez *et al.*, 1997). غلظت HMF می‌تواند یکی از فاکتورهای تازگی عسل محسوب شود چراکه حین پردازش عسل و به مرور زمان، محتوای آن افزایش می‌یابد. فاکتورهای مختلفی مانند دما، مدت زمان حرارت‌دهی، شرایط ذخیره‌سازی، pH و منبع فلورال،

محتوای HMF را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین این فاکتور همچنین می‌تواند معیاری از نحوهٔ فرآوری یا شرایط نگهداری عسل باشد (Khalil *et al.*, 2010).



شکل 2- مقایسه میانگین تأثیر انواع عسل، دمای نگهداری و مدت زمان نگهداری بر کیفیت رنگ محصول

میانگین‌هایی (±انحراف معیار) که دارای حروف مشترک هستند، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ($P\leq0/05$) ندارند.

مطابق جداول 3 و 4، در همه انواع عسل به‌جز عسل کنار، میزان HMF در طی نگهداری به مدت 6 ماه در دمای زیر 30 درجه سانتی‌گراد، کمتر از ماکسیمم مقدار مجاز استاندارد ملی برای این ترکیب برآورد شد (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1392)، ولی در دمای 37 درجه سانتی‌گراد حتی در ماه دوم نگهداری، میزان HMF از حد مجاز استاندارد ملی ایران تجاوز کرد. در مورد عسل کنار میزان HMF اولیه عسل بالاتر از سایر نمونه‌ها بود و در این نمونه تنها در صورت نگهداری در دمای 4 درجه سانتی‌گراد،

محتوای HMF تا پایان 6 ماهه نگهداری کمتر از حد مجاز برآورد شد و در سایر شرایط نگهداری، تنها پس از یک ماه، میزان HMF در محدوده غیرمجاز قرار گرفت. درنتیجه براساس نتایج این پژوهش، در صورتی‌که محتوای HMF عسل به هر دلیل در ابتدای دوره نگهداری بالا باشد، بهترین شرایط دمایی نگهداری آن، دمای یخچال است.

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع عسل و مدت زمان نگهداری بر ویژگی‌های کیفی محصول

متغیرهای مستقل		متغیرهای وابسته					
نوع عسل	**زمان (ماه)**	**HMF**	**pH**	**پلی فنل**	**L رنگ**	**زاویه رنگ**	**شدت رنگ**
گون	آغاز نمونه‌برداری	4/59±0/04^{i}	4/38±0/01^{a}	23/39±0/81^{f-j}	70/85±2/04^{b-h}	98/38±2/04^{a-e}	35/79±2/04^{fgh}
گون	1	7/22±1/26^{i}	4/30±0/02^{c}	24/88±3/73^{e-i}	76/14±2/51^{ab}	99/03±3/43^{a-d}	43/53±4/04^{a-d}
گون	2	17/12±5/32^{hi}	4/12±0/03^{def}	21/83±2/07^{ij}	75/03±3/84^{a-d}	96/23±6/87^{a-f}	42/19±8/27^{b-e}
گون	3	29/19±10/47^{f-i}	4/31±0/03^{bc}	20/50±2/60^{j}	75/27±3/00^{abc}	93/89±5/21^{a-f}	44/63±10/90^{a-d}
گون	4	50/08±20/71^{d-i}	4/16±0/11de	21/91±4/81^{ij}	74/66±4/54^{a-e}	92/61±9/11^{b-g}	45/51±10/36^{abc}
گون	5	86/30±38/40^{b-i}	4/39±0/03^{a}	22/83±5/97^{hij}	72/94±8/06^{a-f}	92/78±15/41^{b-g}	43/80±4/92^{a-d}
گون	6	123/06±57/46^{a-f}	4/36±0/01^{ab}	25/09±8/41^{e-i}	69/49±10/21^{d-h}	86/38±23/31^{fgh}	43/45±5/73^{a-d}
کنار	آغاز نمونه‌برداری	28/29±0/17^{ghi}	4/06±0/00^{ghi}	28/32±0/58^{b-e}	70/85±2/04^{b-h}	101/71±2/04^{ab}	36/16±2/04^{fgh}
کنار	1	44/22±3/64^{d-i}	4/00±0/01^{jkl}	31/60±4/61^{ab}	74/41±3/08^{a-e}	92/37±5/08^{b-g}	48/50±5/24^{a}
کنار	2	51/40±8/42^{d-i}	3/96±0/02^{l}	27/30±1/36^{cde}	74/91±4/19^{a-d}	90/44±3/98^{c-h}	45/47±6/59^{abc}
کنار	3	69/73±12/78^{c-i}	4/04±0/01^{hij}	24/96±1/75^{e-i}	74/04±3/41^{a-f}	92/04±6/37^{b-h}	46/16±9/57^{abc}
کنار	4	107/92±29/13^{b-h}	3/87±0/04^{m}	26/13±3/80^{e-h}	71/95±7/16^{a-g}	87/21±13/04^{e-h}	47/14±6/68^{ab}
کنار	5	159/19±54/51^{abc}	4/12±0/09^{ef}	26/99±6/16^{c-f}	69/99±9/21^{c-h}	85/97±20/60^{fgh}	48/52±5/74^{a}
کنار	6	203/84±76/16^{a}	4/09±0/02^{fgh}	29/87±7/98^{a-d}	68/56±12/76^{fgh}	80/93±30/18^{hi}	46/14±4/74^{abc}
مرکبات	آغاز نمونه‌برداری	1/99±0/09^{i}	4/08±0/01^{fgh}	25/15±0/97^{e-i}	77/24±2/17^{a}	101/49±2/17^{abc}	26/19±2/17^{i}
مرکبات	1	9/61±2/31^{i}	4/11±0/07^{efg}	23/10±2/38^{g-j}	74/41±3/29^{a-e}	96/51±6/62^{a-f}	35/27±6/59^{gh}
مرکبات	2	20/32±7/27^{hi}	4/17±0/02^{d}	21/92±1/11^{ij}	74/54±3/33^{a-e}	91/72±3/39^{b-h}	37/64±12/65^{efg}
مرکبات	3	31/86±11/03^{e-i}	4/06±0/02^{ghi}	21/04±2/03^{j}	73/31±5/70^{a-f}	86/59±8/46^{fgh}	38/88±9/88^{d-g}
مرکبات	4	74/81±31/43^{b-i}	4/01±0/04^{ijk}	22/14±4/01^{ij}	72/32±6/61^{a-g}	86/17±10/69^{fgh}	37/53±10/64^{efg}
مرکبات	5	124/73±56/00^{a-e}	4/11±0/02^{efg}	23/13±5/69^{g-j}	65/17±16/67^{h}	95/61±4/57^{a-f}	36/64±4/74^{e-h}
مرکبات	6	127/37±56/78^{a-d}	4/09±0/09^{fgh}	24/74±6/94^{e-i}	69/74±9/68^{c-h}	82/33±20/60^{ghi}	40/49±7/21^{c-g}
آویشن	آغاز نمونه‌برداری	12/82±0/14^{i}	4/04±0/01^{hij}	30/30±0/86^{abc}	77/24±1/81^{a}	104/76±1/81^{a}	31/58±1/81^{hi}
آویشن	1	20/53±2/31^{hi}	4/09±0/02^{fgh}	32/05±3/16^{a}	74/04±3/43^{a-f}	94/51±4/50^{a-f}	40/50±9/70^{c-g}
آویشن	2	29/01±8/09^{f-i}	4/11±0/01^{efg}	27/05±1/39^{cde}	74/91±2/41^{a-d}	94/73±2/55^{a-f}	40/42±10/15^{c-g}
آویشن	3	49/74±15/52^{d-i}	4/05±0/02^{hij}	25/18±2/34^{e-i}	72/81±6/23^{a-f}	88/76±8/67^{d-h}	41/51±7/05^{b-f}
آویشن	4	87/44±33/86^{b-i}	4/05±0/01^{hij}	26/69±4/29^{d-g}	71/46±7/20^{b-g}	87/39±15/24^{e-h}	44/39±5/83^{a-d}
آویشن	5	121/84±50/51^{a-g}	3/98±0/14^{kl}	27/42±6/52^{cde}	69/00±9/95^{e-h}	80/84±21/17^{hi}	43/56±2/83^{a-d}
آویشن	6	166/72±73/85^{ab}	4/02±0/02^{ijk}	30/51±8/82^{abc}	66/79±13/81^{gh}	73/02±38/07^{i}	40/41±5/10^{c-g}

در این راستا، Castro-Vázquez و همکاران (2008) با ذخیره‌سازی عسل مرکبات تازه به مدت 12 ماه در دماهای 20، 30 و 40 درجه سانتی‌گراد گزارش کردند که محتوای HMF عسل نگهداری شده در دمای 40 درجه سانتی‌گراد بعد از 12 ماه خارج از محدودهٔ مجاز قرار گرفت. افزایش در مقادیر HMF در حین ذخیره‌سازی در دماهای مختلف در مطالعات دیگر هم گزارش شده است (Bulut & Kilic, 2009; Visquert *et al*., 2014; Sancho *et al*., 1992; Singh & Bath, 1997; Bath & Singh (2000).

نیز گزارش کردند که مدت زمان ذخیره‌سازی مهم‌ترین تاثیر در تغییرات HMF را دارد.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع عسل و دمای محیط نگهداری بر ویژگی‌های کیفی محصول

متغیرهای مستقل		متغیرهای وابسته					
نوع عسل	دما (°C)	HMF	pH	پلی فنل	L رنگ	زاویه رنگ	شدت رنگ
گون	4	4/86±0/29[c]	4/28±0/12	20/66±3/19[e]	76/60±3/45[a]	99/56±3/63[a]	37/36±3/39[fg]
گون	23	8/84±0/59[c]	4/32±0/21	20/56±1/32[e]	74/14±3/78[a]	96/83±5/11[ab]	39/14±3/78[efg]
گون	30	12/95±1/45[c]	4/27±0/12	21/83±2/93[e]	75/34±2/84[a]	98/55±3/60[ab]	42/48±4/19[de]
گون	37	154/79±34/89[b]	4/27±0/11	28/60±5/33[b]	67/82±7/96[b]	81/78±17/87[c]	51/82±8/24[a]
کنار	4	34/76±0/86[c]	4/01±0/09	26/80±5/12[bcd]	75/41±2/78[a]	97/14±3/11[ab]	40/06±3/75[ef]
کنار	23	44/63±2/21[c]	4/02±0/10	26/34±2/67[cd]	74/50±2/88[a]	96/13±4/43[ab]	42/82±4/70[cde]
کنار	30	54/61±4/02[c]	4/01±0/09	25/79±1/82[cd]	74/87±3/51[a]	95/07±4/32[ab]	47/34±6/07[b]
کنار	37	245/74±47/83[a]	4/02±0/07	32/58±5/33[a]	63/60±8/91[c]	72/02±22/80[d]	51/54±7/66[a]
آویشن	4	14/43±0/42[c]	4/04±0/04	26/55±4/19[bcd]	74/99±2/39[a]	95/09±5/69[ab]	36/25±5/82[g]
آویشن	23	18/81±0/9[c]	4/05±0/03	26/28±2/43[cd]	76/89±2/46[a]	97/29±4/79[ab]	37/74±4/73[fg]
آویشن	30	25/02±2/11[c]	4/06±0/03	27/21±3/57[bcd]	74/50±2/39[a]	95/40±5/64[ab]	40/87±5/36[ef]
آویشن	37	220/64±44/98[a]	4/02±0/12	33/77±5/68[a]	62/90±11/03[c]	68/78±30/66[d]	46/51±9/38[bc]
مرکبات	4	4/77±0/59[c]	4/07±0/06	21/21±2/40[e]	75/41±2/55[a]	92/01±4/61[b]	32/16±4/69[h]
مرکبات	23	11/4±1/01[c]	4/08±0/04	21/25±1/73[e]	75/76±2/39[a]	97/02±4/67[ab]	30/14±5/03[h]
مرکبات	30	16/37±2/56[c]	4/11±0/09	21/54±1/75[e]	75/34±2/87[a]	94/92±5/84[ab]	36/07±6/50[g]
مرکبات	37	190/7±40/37[ab]	4/09±0/04	28/11±4/43[bc]	63/03±13/17[c]	81/98±18/17[c]	46/00±10/18[bcd]

با بررسی ویژگی‌های عسل در تمام دوره نگهداری، بالاترین میزان پلی‌فنل در عسل آویشن و کمترین میزان آن در عسل گون و مرکبات (بدون وجود اختلاف معنی‌داری میان آن‌ها در سطح پنج درصد آزمون LSD) مشاهده شد. بررسی اثر دما نشان می‌دهد که در نمونه‌های نگهداری شده در دمای 37 درجه سانتی‌گراد، با اختلاف معنی‌داری ($P\leq0/05$)، بالاترین محتوای پلی‌فنل مشاهده می‌شود. به‌علاوه در اوایل و اواخر دوره نگهداری، محتوای پلی‌فنل بالاتری در مقایسه با سایر زمان‌های نگهداری مشاهده گردید. مطابق جدول 3 و4، حداکثر میزان پلی‌فنل مربوط به عسل آویشن نگهداری شده در دمای 37 درجه سانتی‌گراد پس از شش ماه نگهداری و حداقل میزان پلی‌فنل در عسل گون نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد پس از چهار ماه نگهداری گزارش شد. مطابق نتایج جدول 5، افزایش محتوای پلی‌فنل نمونه‌های نگهداری شده در دمای 37 درجه سانتی‌گراد پس از چهار ماه نگهداری چشمگیر بود.

عسل به‌عنوان یکی از انواع منابع آنتی‌اکسیدانی طبیعی شناخته می‌شود که در جلوگیری از واکنش‌های اکسیداسیون تخریبی مانند قهوه‌ای شدن میوه‌ها و سبزی‌ها (Chen *et al*., 2000) و اکسیداسیون چربی (Antony *et al*., 2000) مؤثر است. مسلم است که نوع و شرایط نگهداری عسل قطعاً بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی آن تأثیر دارد. در مطالعه Wang و همکاران (2004)، قابلیت آنتی‌اکسیدانی دو نمونه عسل شبدر و گندم سیاه که به مدت 6 ماه در دماهای اتاق، 4 و20- درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بودند، مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه فعالیت آنتی‌اکسیدانی همه نمونه‌های عسل پس از 6 ماه نگهداری کاهش یافت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عسل‌های شبدر فرایند شده و خام به‌ترتیب 26 و 32 درصد پس از 6 ماه کاهش یافت. قابلیت آنتی‌اکسیدانی عسل‌های گندم سیاه فرایند شده و خام نیز به‌ترتیب 24 و 49 درصد کاهش یافت. در مطالعه حاضر مطابق جدول 3، میزان پلی‌فنل در اغلب عسل‌ها تا ماه سوم و چهارم کاهش و بعد از آن افزایش یافت. اما مطابق جدول 5، با افزایش دما، میزان پلی‌فنل افزایش یافت و افزایش میزان پلی‌فنل در دمای 37 درجه سانتی‌گراد از ماه چهارم به بعد در همه انواع عسل‌ها قابل مشاهده بود. در واقع نگهداری عسل‌ها در دمای 37 درجه سانتی‌گراد مؤثرتر از سایر دماها بر تغییر محتوای پلی‌فنل و رنگ آن‌ها بود. در مطالعه Turkmen و همکاران (2006) نیز بررسی تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و محتوای پیگمان قهوه‌ای در عسل حرارت دیده در دماهای مختلف 50، 60 و 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 12 روز نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان پیگمان قهوه‌ای با حرارت و زمان افزایش می‌یابد که با

یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت دارد. Gonzales و همکاران (1999) نیز بیشترین مقدار قهوه‌ای شدن در اثر واکنش مایلارد را در طول نگهداری در دمای 37 درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دماهای 25، 30 و 35 درجه سانتی‌گراد گزارش کردند.

جدول 5- مقایسه میانگین برخی از ویژگی‌های عسل در بازه زمانی شش ماهه در دماهای مختلف

متغیرهای مستقل		متغیرهای وابسته					
زمان (ماه)	دما (°C)	HMF	pH	پلی فنل	رنگ L	زاویه رنگ	شدت رنگ
آغاز نمونه‌برداری		11/92±10/72^{i}	4/14±0/14^{ab}	26/79±2/92^{ef}	74/04±3/65^{c-f}	101/58±2/78^{a}	32/42±4/45^{n}
1	4	12/84±13/08^{hi}	4/11±0/11^{ab}	30/53±6/62^{cd}	76/01±2/28^{a-d}	94/4±5/03^{b-e}	37/6±7/23^{h-m}
1	23	18/57±14/71^{ghi}	4/12±0/12^{ab}	25/33±5/34^{fgh}	76/25±2/72^{a-d}	99/28±3/97^{ab}	39/81±7/64^{f-j}
1	30	16/73±13/65^{hi}	4/13±0/11^{ab}	27/57±5/02^{ef}	74/65±2/45^{a-f}	97/11±4/21^{abc}	40/37±6/67^{f-i}
1	37	33/43±20/03^{f-i}	4/12±0/12^{a-b}	28/18±2/62de	72/07±3/24^{f}	91/6±5/73de	50/00±5/24^{b}
2	4	12/93±12/39^{hi}	4/09±0/09^{abc}	23/83±3/14^{hi}	77/11±2/27^{a}	96/43±4/73^{a-d}	36/2±2/91^{i-n}
2	23	16/58±10/44^{hi}	4/07±0/07^{a-d}	23/55±2/74^{hij}	74/04±3/64^{c-f}	91/7±4/57de	34/99±7/27^{lmn}
2	30	17/29±14/25^{hi}	4/1±0/09^{ab}	23/83±2/74^{hi}	75/76±3/21^{a-d}	93/82±5/28^{cde}	38/54±5/46^{g-l}
2	37	71/03±19/97^{e}	4/08±0/07^{a-d}	26/88±2/61^{ef}	72/44±2/63^{ef}	91/15±3/75^{e}	55/96±2/09^{a}
3	4	14/4±12^{hi}	4/1±0/13^{ab}	21/29±2/34^{j}	75/02±2/44^{a-e}	95/4±4/26^{b-e}	35/88±2/71^{j-n}
3	23	22/08±15/57^{f-i}	4/12±0/13^{ab}	22±2/24^{ij}	75/64±3/14^{a-d}	94/57±3/16^{b-e}	34/32±5/01^{mn}
3	30	28/02±18/56^{f-i}	4/11±0/1^{ab}	21/93±2/56^{ij}	76/87±2/48^{ab}	91/8±3/21de	44/96±3/59^{cd}
3	37	116±25/28^{d}	4/11±0/1^{ab}	26/43±2/06^{efg}	67/89±4/46^{g}	79/5±5/73^{f}	56/00±4/52^{a}
4	4	16/88±13/74^{hi}	3/98±0/09^{d}	21/12±2/58^{j}	76/75±2/4^{ab}	94/01±3/66^{cde}	35/55±5/85^{k-n}
4	23	24/25±16/84^{f-i}	4/08±0/3^{a-d}	22/26±2/49^{ij}	76/13±1/66^{a-d}	95/07±3/92^{b-e}	39/52±5/62^{g-k}
4	30	34/1±20/78^{f-i}	3/98±0/09^{cd}	22/32±2/18^{ij}	74/9±2/3^{a-e}	95/19±4/37^{b-e}	43/94±5/45^{c-f}
4	37	245±47/13^{d}	4/04±0/08^{bcd}	31/16±2/12^{c}	62/6±3/59^{h}	69/11±6/31^{g}	55/54±4/17^{a}
5	4	17/62±13/74^{hi}	4/15±0/16^{a}	21/15±2/1^{j}	74/29±2/99^{b-f}	93/26±6/76^{cde}	40/59±5/12^{e-h}
5	23	26/01±17/21^{f-i}	4/17±0/16^{a}	22/06±2/15^{ij}	76/38±2/54^{a-d}	97/93±3/75^{abc}	39/23±5/09^{g-k}
5	30	39/34±20/57^{fgh}	4/18±0/12^{a}	21/99±1/97^{ij}	74/9±2/52^{a-e}	98/4±2/79^{abc}	44/66±5/97^{cde}
5	37	409/07±65/61^{c}	4/09±0/22^{abc}	35/15±2/68^{b}	51/51±8/8^{i}	65/58±10/18^{g}	48/02±5/07^{bc}
6	4	16/35±14/1^{hi}	4/12±0/13^{ab}	21/93±2/77^{ij}	76/01±2/28^{a-d}	96/58±3/56^{a-d}	36/92±4/52^{h-m}
6	23	27/01±18/55^{f-i}	4/13±0/13^{ab}	23/27±2/5^{hij}	74/78±2/8^{a-f}	97/62±2/81^{abc}	41/88±4/19^{d-g}
6	30	43/25±22/26^{f}	4/14±0/16^{ab}	24/21±2/38^{ghi}	73/96±2/53^{def}	93/99±5/46^{cde}	46/89±3/69^{bc}
6	37	534/35±86/93^{a}	4/14±0/13^{ab}	40/79±3/67^{a}	49/81±4/44^{i}	34/45±6/31^{h}	44/78±6/71^{cd}

pH انواع عسل نگهداری شده در شرایط مختلف، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم دارند. pH در عسل گون، بیشترین و در عسل کنار کمترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد. تغییرات pH در نمونه‌های عسل تا ماه چهارم روندی کاهشی و پس از آن در ماه‌های پنجم و ششم روندی افزایشی را نشان داد. تغییرات دمای محیط نگهداری، تأثیر معنی‌داری($P\leq0/05$) در pH نمونه‌ها ایجاد ننمود. در مطالعه حاضر میزان pH با افزایش زمان ثابت بود که نتایج این مطالعه منطبق با نتایج Jimenez و همکاران (1994) در این زمینه بود.

بررسی ویژگی‌های رنگی نمونه‌ها مطابق شکل 2 نشان می‌دهد که بالاترین میزان روشنی رنگ با اختلاف معنی‌دار ($P\leq0/05$) با سایر نمونه‌ها در سطح پنج درصد در عسل گون مشاهده شد. با افزایش زمان نگهداری روشنایی محصول کاهش یافت به‌نحوی‌که کمترین روشنایی در نمونه‌های نگهداری شده به مدت ماه ششم مشاهده شد. دمای نگهداری 37 با اختلاف معنی‌داری ($P\leq0/05$) نسبت به سایر دماهای نگهداری موجب کاهش شفافیت محصول گردید. بنابراین در میان نمونه‌های مورد بررسی، حداقل روشنایی در عسل آویشن نگهداری شده در دمای 37 درجه سانتی‌گراد به مدت ماه ششم

مشاهده شد. تأثیر افزایش دما و مدت زمان نگهداری خصوصاً تا ماه چهارم نگهداری بر افزایش شاخص شدت رنگ در عسل در سطح پنج درصد معنی‌دار برآورد شد. در میان چهار نمونه مورد بررسی، عسل کنار بیشترین و عسل مرکبات کمترین میزان شدت رنگ را نشان می‌دهند. زاویه رنگ نمونه‌های نگهداری شده در دماهای مختلف در محدوده 100- 80 (زرد متمایل به سبز) با اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد متفاوت ارزیابی شدند. در عسل گون و عسل آویشن به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار زاویه رنگ مشاهده گردید. بر خلاف تأثیر شرایط نگهداری بر شدت رنگ، با افزایش مدت زمان نگهداری، زاویه رنگ کاهش یافت. به نحوی‌که بیشترین زاویه رنگ در زمان شروع و کمترین آن در ماه ششم نگهداری مشاهده شد. افزایش دمای محیط نگهداری خصوصاً تا 37 درجه سانتی‌گراد نیز تأثیر کاهش دهنده‌ای بر این فاکتور نشان داد. مطابق جداول 3 و 4، حداکثر میزان زاویه رنگ مربوط به عسل آویشن در شروع زمان نگهداری و حداقل میزان آن مربوط به همین عسل پس از شش ماه نگهداری در دمای 37 درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

بنابراین به‌طور کلی مطابق نتایج، افزایش دما و زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری ($P\leq0/05$) در افزایش شدت رنگ نمونه‌های عسل، کاهش شاخص روشنایی و زاویه رنگ آن‌ها نشان داد. این تغییرات رنگ به دلیل تجزیه ترکیبات فنولیک، کاراملیزه شدن فروکتوز و انجام واکنش‌های مایلاردی است که حین ذخیره‌سازی اتفاق می‌افتد و مسلماً به شرایط نگهداری، خصوصاً دما و زمان نگهداری وابسته است (Gonzales *et al*., 1999). در این راستا، Visquert و همکاران (2014) نیز شاخص روشنی نمونه‌های عسل ذخیره‌سازی شده به مدت 104 روز را کاهشی و تأثیر افزایندهٔ درجه حرارت بالای نگهداری بر کاهش این شاخص رنگی را معنی‌دار ($P\leq0/05$) گزارش کردند. البته قابل ذکر است که هرچند تغییرات واضحی در نمونه‌های عسل مرکبات مشاهده شد، شاخص‌های رنگی نمونه‌های عسلک با زمان و دمای ذخیره‌سازی مرتبط نبود. شاخص‌های رنگی در عسل رزماری به تدریج با افزایش زمان ذخیره‌سازی در همه دماها کاهش یافت. هر چه حرارت و زمان نگهداری بیشتر می‌شد شاخص L^*، شدت رنگ و زاویه رنگ بیشتر کاهش می‌یافت. در چهار دمای ذخیره سازی 25، 30، 35 و 40 درجه سانتی‌گراد، مقادیر شاخص L^* به‌طور قابل توجهی پس از 20 روز ذخیره‌سازی کاهش یافت که همراه با افزایش شدت رنگ و کاهش زاویه رنگ بود که مطالعه حاضر را تأیید می‌کند (Gonzales *et al., 1999*). نتایج این مطالعه نشان داد که تغییرات رنگ ایجاد شده در 40 درجه سانتی‌گراد بیشتر بود که با نتایج Bulut و Kilic (2009) در مورد ذخیره‌سازی عسل‌های با منشأ فلورال متفاوت بود. Bulut و Kilic ارتباط خطی بین مقادیر روشنایی و زمان ذخیره‌سازی در 40 درجه سانتی‌گراد را یافتند. این تطابق خوب برای هر سه شاخص L^*، شدت رنگ و زاویه رنگ تقریباً مشابه بود و ارتباط منفی مورد انتظار با شرایط ذخیره‌سازی را نشان داد. هرچند مطابق نتایج مطالعه Visquert و همکاران (2014) نوع عسل تأثیر مهم‌تری بر خواص فیزیکوشیمیایی و پارامترهای رنگ، در مقایسه با زمان و دمای نگهداری دارد.

جدول 6- ضرایب همبستگی پیرسن میان صفات کیفی عسل در طول 6 ماه نگهداری

	پلی‌فنل	HMF	رنگa	رنگb	رنگL	شدت رنگ	pH	زاویه رنگ
پلی‌فنل	1							
HMF	0/738**	1						
رنگ a	0/650**	0/886**	1					
رنگ b	-0/018	-0/032	0/014	1				
رنگ L	0/655**	-0/893**	-0/771**	0/066	1			
شدت رنگ	0/298**	0/373**	0/394**	0/884**	-0/254**	1		
pH	-0/258**	-0/098	-0/147**	-0/010	0/031	-0/035	1	
زاویه رنگ	-0/651**	-0/885**	-0/958**	0/074	0/809**	-0/325**	0/140**	1

* و **: به ترتیب معنی‌دارشدن در سطوح آماری 0/01 و 0/05 را نشان می‌دهند (n= 336) .

در جدول 6، همبستگی میان صفات کیفی ارزیابی شده در عسل در طی 6 ماه نگهداری نمایش داده شده است. میان محتوای HMF و میزان ترکیبات پلی‌فنل (R=0/738)، مختصات a رنگ (R=0/886) و شاخص شدت رنگ (R=0/373) همبستگی مثبت معنی‌دار ($P\leq0/05$) و با روشنی رنگ محصول (L^*) (R= -0/893) و زاویه رنگ (R= -0/885) همبستگی منفی معنی‌دار ($P\leq0/05$) وجود دارد. همچنین همبستگی معنی‌دار ($P\leq0/05$) مثبت میان محتوای پلی‌فنل با مختصات a رنگ (R=0/65) و شاخص شدت رنگ (R=0/298) و همبستگی معنی‌دار ($P\leq0/05$) منفی با مختصات L رنگ (R= -0/655)، زاویه رنگ (R= -0/651) و pH (R= -0/258)

محصول مشاهده شد. pH محصول نیز با محتوای پلی‌فنل (R= -0/258) و مختصات a رنگ محصول (R= -0/147) همبستگی منفی معنی‌داری (P≤0/05) را نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت عسل‌هایی که تمایل بیشتری به قرمزی رنگ و روشنی کمتری در آن‌ها مشاهده می‌شود، محتوای پلی‌فنل بالاتری دارند و شرکت این دسته از ترکیبات در واکنش‌های قهوه‌ای شدن دلیل اصلی محتوای بالاتر HMF در این نمونه‌هاست (Miotto, 2011). در مطالعه Islam و همکاران (2012)، Saxena و همکاران (2010)، Bertoncelj و همکاران (2007) و Alvarez-Suarez و همکاران (2010) نیز همبستگی معنی‌داری (P≤0/05) میان محتوای پلی‌فنل‌ها و رنگ محصول گزارش (R=0/82) شده است. در واقع پیگمان‌های رنگی می‌توانند نشانگرهای مناسبی جهت برآورد میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عسل باشند. در مطالعه Saxena و همکاران (2010) و Bertoncelj و همکاران (2007) نیز همبستگی معنی‌داری (P≤0/05) میان شدت رنگ و محتوای ترکیبات فنولیک (R=0/9) مشاهده شد. Turkmen و همکاران (2006) نیز میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را با شدت واکنش‌های قهوه‌ای شدن در نمونه‌های عسل مرتبط دانستند. مطالعه عسل‌های تک‌گلی از منطقه شمال شرق پرتقال توسط Ferreira و همکاران (2009) نیز نشان داد که عسل‌های تیره محتوای فنولیک غنی‌تر و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری دارند. ارتباط مثبت میان غلظت ترکیبات فنولیک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و رنگ عسل‌های تک‌گلی و چندگلی در مطالعه Beretta و همکاران (2005) و Kaškonienė و همکاران (2009) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمون‌های شیمیایی 4 نوع عسل، می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که افزایش حرارت‌دهی و مدت زمان نگهداری، باعث قهوه‌ای‌تر شدن عسل می‌شود. از طرف دیگر با افزایش حرارت‌دهی و مدت زمان نگهداری، محتوای HMF نامطلوب افزایش قابل توجهی می‌یابد. شرایط نگهداری و نوع عسل (ترکیبات اولیه) تأثیر قابل ملاحظه‌ای در ویژگی‌های کیفی عسل دارد. بهترین شرایط نگهداری از حیث کنترل افزایش فاکتور HMF دمای یخچال می‌باشد. با افزایش دمای نگهداری تا ماه سوم، محتوای ترکیبات فنولیک کاهش یافت و پس از آن روند افزایشی مشاهده شد و با افزایش دما، افزایش پلی‌فنل‌ها مشهودتر بود. این مشاهده نتیجه ایجاد ترکیبات ثانویه ناشی از فرآیند قهوه‌ای شدن در محصول است. بنابراین، شرایط نگهداری در مورد انواع عسل با خصوصیات اولیه مختلف، متفاوت است و به‌دست آوردن بهترین روش نگهداری انواع عسل نیازمند پژوهش‌های بیشتر در این راستا است.

منابع

سیدی، م. و کفیلی، غ. 1390. انقلاب عسل. نشر زاینده رود، 30-28.

فخری نژاد، ف. علیزاده داخل، ا. ذبیحی، ف. 1392. بررسی آزمایشگاهی اثر عملیات حرارتی بر غلظت هیدروکسی متیل فورفورال عسل. اولین کنفرانس ملی فناوری های نوین در شیمی و مهندسی شیمی، تهران.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. 1392. عسل- ویژگی ها و روش های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره 92 ، تجدید نظر ششم.

عبادی، ر. و احمدی، ع. 1383. پرورش زنبور عسل. انتشارات اردکان.

نعمتی، ف. هنرور، م. تقوی زاد، ر. عزت‌پناه، ح. سیف هاشمی، س. حمصی، ا. 1389. بررسی نقش فرآیند تصفیه بر برخی ویژگی های کیفی عسل. مجله علوم غذایی و تغذیه،57-46: (4)8.

Al-Mamary, M., Al-Meeri, A., & Al-Habori, M. 2002. Antioxidant activities and totalphenolics of different types of honey. *Nutrition Research*, 22(9):1041-1047.

Alvarez-Suarez, J., González-Paramás, A., Santos-Buelga, C., Battino, M. 2010. Antioxidant characterization of native monofloral Cuban honeys. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 58(17):9817-9824.

Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Romandini, S., Bertoli, E., Battino, M. 2010.Contribution of honey in nutrition and human health: a review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 3(1):15-23.

Antony, S., Rieck, J., Dawson, P. 2000. Effect of dry honey on oxidation in turkey breast meat. *Poultry Science*, 79(12):1846–1850.

Bakan, A. 2002. Balda kristallenme sorunu. Gıda, 86–87.

Bath, P., Singh, N. 2000. A research note chemical changes in Helianthus annus and Eucalyptus lanceolatus honey during storage. *Journal of Food Quality*, 23(4):443-451.

Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., & Facino, R.M. 2005. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533(2):185-191.

Bertoncelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M., & Golob, T. 2007. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2):822-828.

Bulut, L., Kilic, M. 2009. Kinetics of hydroxymethylfurfural accumulation and color change in honey during storage in relation to moisture content. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(1):22–32.

Burdurlu, H.S., Karadeniz, F. 2003. Effect of storage on nonenzymatic Browning of apple juice concentrates. *Food Chemistry*, 80(1):91–97.

Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M., González-Viñas, M., Fuente, E., Pérez-Coello, M.S. 2008. Influence of storage conditions on chemical composition and sensory properties of citrus honey. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 56(6):1999–2006.

Chen, L., Mehta, A., Berenbaum, M., Zangerl, A., Eng-eseth, N. 2000. Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit andvegetable homogenates. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 48(10):4997–5000.

Crane, E. 1975. Honey: A Comprehensive Survey. International Bee Research Association, Heinemann, London.

Crane, E. 1979. Honey: A comprehensive survey. Heinemann, *International Bee Research Association* (IBRA), London:

Crane, E. 1990. in: Bees and Beekeeping. Science, Practice and World Resources, *Heinemann*, Oxford, 13:400.

Escriche, I., Kadar, M., Domenech, E., & Gil-Sanchez, L. 2012. A Potentiometric Electronic Tongue for the Discrimination of Honey According to the Botanical Origin.

Ferreira, I., Aires, E., Barreira, J., & Estevinho, L. 2009. Antioxidant activity of Portuguese honey samples. Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry,* 114(4):1438-1443.

Gonzales, A., Burin, L., Buera, M.P. 1999. Color changes during storage of honeys in relation to their composition and initial color. *Food Research International*, 32(3):185–191.

Gonzalez-Miret, M., Terrab, A., Herranz, D., Heredia, F.J. 2005. Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7):2574–2580.

Hutchings, J. 1999. Food Color and Appearance. Gaithersburg, Maryland.

Islam, A., Khalil, I., Islam, N., Moniruzzaman, M., Mottalib, A., Sulaiman, S.A & Gan, S.H. 2012. Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year. BMC Complementary and Alternative MedicineThe official journal of the International Society for Complementary *Medicine Research* (ISCMR), 12:177.

Jiménez, M., Mateo, J., Huerta, T., Mateo, R. 1994. Influence of the storage conditions on some physicochemical and mycological parameters of honey J. Sci. *Food Agriculture*, 64(1):67–74.

Kaškonienė, V., Maruška, A., & Kornyšova, O. 2009. Quantitative and qualitative determination of phenolic compounds in honey. *Cheminė Technologija*, 52(3):74-80.

Khalil, M.I, Sulaiman, S., Gan, S. 2010. High 5-hydroxymethylfurfural concentrations are found in Malaysian honey samples stored for more than one year. *Food Chem Toxicol*, 48(8-9):2388-2392.

Küçük, M., Kolayli, S., Karaoglu, S., Ulusoy, E., Baltaci, C., Candan, F. 2007. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100(2):526-534

Labuza, T., Baisier, W.M. 1992. The kinetics of nonenzymatic browning. *In Physical Chemistry of Foods*, 595–649.

Lichtenberg-Kraag & Bright. 2012. Saccharose degradation over time in stored honey. Influence of time, temperature, enzyme activity and botanical origin. *Journal of food and nutrition research*, 51(4):217-224.

Meda, A., Lamien, C., Romito, M., Millogo, J., Nacoulma, O. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3):571–577.

Miotto,D. 2011. Elucidation of the components involved in the antioxidant activity of honey, Faculty of Biological Sciences, Brock University.

Molan, P., Betts, J. 2004. Clinical usage of honey as a wound dressing: an update. *Journal of Wound Care*, 13(9):353-356.

Nishi, Y., Miyakawa, Y., Kato, K. 1989. Chromo some aberrations iduced by pyroly sates of carbohydrates in Chinese hamster V79 cells. *Mutation Research*, 227(2):117–123.

Ozcan, M., Arslan, D., & Ceylan, D. 2006. Effect of inverted sucrose on some properties of honey. *Food Chemistry*, 99(1):24–29.

Sabarez, H., Price, W., Back, P., Woolf, 1997. Modelling the kinetic of drying of Agen plums (*Prunus domestica*). *Food Chemistry*, 60(3):371-382.

Sancho, M., Muniategui, S., Sanchez, P., Huidrobo, J.F., Simal, J., & Mieles del Paıs Vasco, X. 1991. Evaluacion de los distintos tipos decenizas y su alcalinidad en funcion de la conductividadelectrica en mieles. *Anal Bromatol*, 43:311–324.

Saxena, S., Gautam, S., Sharma, A. 2010. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118(2):391-397.

Serrano, S., Villarejo, M., Espejo, R., Jodral, M. 2004. Chemical and physical parameters of Andalusian honey classification of Citrus and Eucalyptus honeys by discriminant analysis. *Food Chemistry*, 87(4):619-625.

Shun, Y., Wen, Y., Yong, C., Jian, G. 2003. Two Benzyl Dihydroflavones from Phellinus Igniarius. *Chinese Chemical Letters*, 14(8):810-13.

Singh, N., & Bath, P. 1997.Quality evaluation of different types of Indian honey. *Food Chemistry*, 58(1-2):129-133.

Singleton, V., Orthofer, R., Lamuela- Raventos, R. 1999. Analysis of total phenols and oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.

Spano, N., Casula, L., Panzanelli, A.I., Pilo, M.C., Piu, P., Scanu, R., Tapparo, A., Sanna, G. 2006. An RP-HPLC determination of 5-hydroxymethylfurfural in honey The case of strawberry tree honey. *Talanta*, 68(4):1390-1395.

Talpay, B & Dtsc Dtsch. 1988. Lebensm.-Rundsch, 84(2):41.The National Honey Board. 2003. Honey – Health and therapeuticqualities.

Turkmen, N., Sari, F., Poyrazoglu, E., & Velioglu, Y. 2006. Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey. *Food Chemistry*, 95(4):653-657.

Visquert, M., Vargas, M., Escriche, I. 2014. Effect of postharvest storage conditions on the colour and freshness parameters of raw honey. *International Journal of Food Science Technology*, 49(1):181-187.

Wang, X.H., Gheldof, N., Engeseth, N.J. 2004. Effect of processing and storage on antioxidant capacity of honey. *Journal of Food Science*, 69(2): 96-101.

White & Jonathan, W. 1975. Composition of honey. In: Crane, E. (Ed), Honey, A Comprehensive Survey, Heinemann, UK, 5:157-206.

White, J. 1962.Composition of American honeys. *Journal of Food Science*, 26:60-66.

White, J. 1978. Honey, in: Advances in Food Research. Academic Press, New York

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 1, Apr. May. 2020, p. 85- 101

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1399 ص. 101-85

The effect of type (Astragalus, Ziziphus, Citrus and Thyme), and storage conditions on the most important qualitative characteristic of honey

F. khodaiyan[1], H. Abbasi[2*]

Received: 2018.10.14
Accepted: 2019.06.11

Introduction: Honey is a bee product with appropriate organoleptic characteristics and high nutritional value. Vegetative source, climate conditions, time of nectar collecting, bee specious, and also storage condition of product are effective factors on its quality. During the process and storage stages, chemical reactions such as maillard change the quality and nutritional characteristics of the product. The effectiveness of these reactions depends on various parameters such as primary component's nature, water activity and pH of product as well as the product storage conditions. Different factors such as, carbohydrate content, enzyme activity, hydroxymethylfurfural (HMF) are introduced as criteria in evaluating qualitative characteristics of honey. HMF is one of the most important factors in this group. It is a consequence of thermal process on foods containing high quantity of fructose and glucose. Therefore, it is considered as an important index on heating and shelf life of this product. In the first step of the present research, qualitative characteristics of four usual Iranian honeys were evaluated. Then, in order to study the effect of storage condition, the quality changes of products at different temperatures and times of storage were investigated.

Materials and methods: In the first stage of the present research, qualitative characteristic (fructose/glucose ratio, sucrose, polyphenol content, hydroxymethylfurfuran, moisture, free acidity, lactic acid, total acidity, pH, color, diastase and electrical conductivity) of four Iranian honey (astragalus, ziziphus, citrus and thyme) collected in random sampling were measured. Then, effect of storage temperature (4, 23, 30 and 37°C) on changes of important qualitative characteristic of product (hydroxymethylfurfural content, polyphenol content, pH, color characteristic) were evaluated monthly for six months.

Results and discussion: According to results, qualitative characteristics of samples were significantly different since the beginning of storage ($p \leq 0.05$). Moisture content of samples varied from 14.5 to 16.5%. PH was found to be 4.38 to 4.94, and total acid content ranged from 6.92 to 16.32%. The highest sucrose content was observed in ziziphus honey and the highest fructose-glucose ratio and pH were observed in astragalus honey. Thyme honey contains the highest diastase activity, acidic compounds, and the lowest amount of moisture and pH and ziziphus honey had the highest amount of acid lactic and electrical conductivity (142/0 mmol/cm). The amount of HMF in ziziphus honey was higher than other kind of samples (28.29 mg/ kg), and the content of these component were lower than 5 mg/kg in astragalus and citrus honey. All of the four samples were in permissible range according to maximum acceptable HMF content based on both Iranian national standard and honey international commission (40 mg/kg). In appearance characteristic, L* (brightness) of thyme and citrus honey were more than others and the highest greenness was observed in thyme honey and the highest yellowness were observed in astragalus and ziziphus samples. In the present study, the polyphenol content of samples was 23.33-39.33 (mg gallic acid in 100 g of sample) and thyme honey contained the highest polyphenol content. Diversity in floral is one of the main reason for differences in the qualitative characteristic of samples. Changes in mineral content, phenolic components, and floral origin were considered as the main effective factors in color changes of honey types. Storage condition and honey type had significant effects on qualitative characteristics of product. Increasing time and storage temperature reduced brightness and hue angle, and increased chroma index in all kind of honey. By increasing the temperature and storage time, undesirable HMF content of samples were increased. Among the studied conditions, the best storage temperature in control of HMF content of product was 4 °C. Increasing storage temperature and time decreased the phenolic compounds of samples until the third month, and after that it was increased. In this regard, the effect of higher temperature on increasing polyphenol contents of product was more obvious. This observation is a consequence of secondary compounds formations from browning process in the product. Evaluating correlation among different parameters showed that, there were a positive significant correlation between HMF content with polyphenol compounds ($r= 0.738$), a* ($r= 0.8868$) and chroma index ($r= 0.373$) ($p<0.05$), and there were a negative significant correlation with brightness of appearance ($r= -0.853$) and hue angle ($r= -0.858$) of product at a level of 0.05. Also there were observed positive and significant correlation among polyphenol content of product with a* ($r= 0.65$) and chroma index ($r= 0.298$) and also negative and significant

1 and 2. MSc Student and Assistant professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: H.Abbasi@Khuisf.ac.ir)

correlation with brightness (r= -0.655), hue angle (r= -0.651) and ph (r= -0.258). Therefore, honeyes with more redness and less brightness usually contain higher polyohenol which their participation in Millard reaction is the main reason for higher content of HMF in these samples. Therfore, determining suitable condition and storage time of honey according to their different primary characteristic should be considered in order to protect qualitative characteristic of product.

Keywords: Polyphenol, Color Parameters, Time and Temperature of Storage, Qualitative Characteristic, Hydroxymethylfurfural.